

# USAGE OF SOLDERS WITH HIGHER MELTING POINT FOR HYBRID INTEGRATED CIRCUITS

**Ondřej Janda**

Bachelor (3), FEEC BUT

E-mail: xjanda25@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Alexandr Otáhal

E-mail: alexandr.otahal@vutbr.cz

**Abstract:** This article deals with the advantages of brazing that uses an experimental tool for heat conduction, which can be used in thick film technology. In present days brazing on thick film is used in a few applications in microelectronic industry. At higher soldering temperatures there is also an increase in demands leading to creation of high quality joints. The joints made by brazing are mainly used for special applications for power electronics, heating elements and temperature or other sensors.

**Keywords:** Brazing, thick film, leaching

## 1 ÚVOD

Tato práce se zabývá možnostmi tvrdého pájení na tlustou vrstvu. Tvrdé pájení se vyznačuje lepšími vlastnostmi převážně tepelnými a mechanickými. Současně však při vyšších pájecích teplotách, potřebných pro tvrdé pájky, dochází ke zvýšení náročnosti podmínek vedoucích k vytvoření kvalitního spoje. V dnešní době se používá měkké pájení především pro všeobecné využití, jelikož je jednodušší pájet při teplotách pohybujících se nejčastěji do 260 °C, vzhledem k použitým materiálům (např. desky plošných spojů, materiály součástek ad.). Za tvrdé pájení jsou považovány pájecí materiály s teplotou tavení nad 450 °C. [1]

## 2 TVRDÉ PÁJENÍ

Vyšší teplota tavení pak přímo souvisí se schopností tvrdých pájek snášet mnohem větší výkonové zatížení než slitiny používané při měkkém pájení. Možnost větší zatížitelnosti obvodu tedy vede k jeho využití u aplikací náročných na vysoké výkonové, resp. teplotní, zatížení. Současně se také zlepšují mechanické vlastnosti pájeného spoje jako je pevnost v tahu. [2]

Tvrdé pájky nacházejí uplatnění u náročnějších aplikací, kde je kladen velký nárok na kvalitu jako ve vojenském, lékařském nebo leteckém průmyslu. Mezi specifické možnosti využití se pak tedy řadí aplikace jako výkonová elektronika, topné elementy nebo i teplotní senzory.

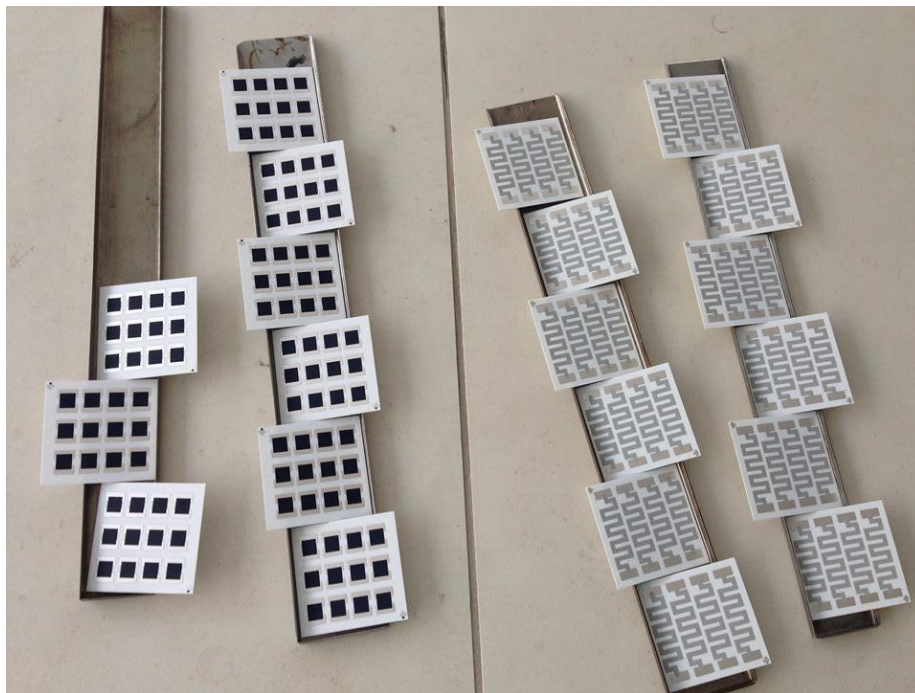
### 2.1 LEACHING

Při tvrdém pájení na tlustou vrstvu však dochází k jevu zvanému *leaching* neboli odsmáčení. Jedná se o rozpouštění pájeného podkladu (tlusté vrstvy) do tekuté pájky. Rychlost odsmáčení je z pohledu procesních parametrů závislá převážně na teplotě a délce pájení. Oba tyto parametry se však při pájecím procesu moc nemění. Proto se používají přídavné materiály, které zpomalují proces odsmáčení, jako je například indium (pájecí slitina) nebo paladium (tlustá vrstva). [3]

### 2.2 PÁJECÍ PROCES

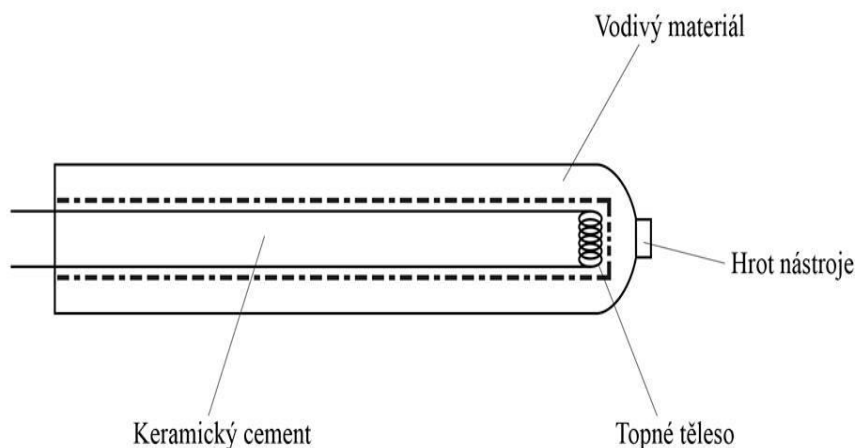
Pro optimalizaci pájecího procesu se navrhly 2 testovací motivy s rezistorovou strukturou, natištěné na keramický substrát Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (**Obrázek 1**). Jako vodivá pasta se zvolila směs stříbra a paladia od výrobce ESL typu 9695 – G. Příměs paladia a natištění dvojité vodivé vrstvy pak výrazně zpomalí

efekt odsmačeni. Samotná pasta s přidavkem paladia propůjčuje spojům lepší mechanickou pevnost než čistá stříbrná pasta [4]. Pro odporovou pastu se zvolila TT 5011 s rezistivitou  $10 \Omega/\square$ . U jednoho motivu se natiskla odporová vrstva ve tvaru meandru, aby se mohl lépe sledovat rozvod tepla při zahřívání substrátu. Lepší rozvod tepla pak vede ke zmírnění praskání nosného substrátu, což zlepší schopnost tlusté vrstvy vydržet vyšší teplotu. Slitina pro pájení se vybrala Ag45CuZn, jejíž teplota tavení je  $735^\circ\text{C}$ . Slitina Ag45CuZn se vybrala z důvodu vyšší teploty pájení a vytváří spoje s dobrou mechanickou pevností [4]. Vývody použité pro testování nastavení procesu pájení jsou vytvořené z materiálu alpaka neboli bílá mosaz.



**Obrázek 1:** Natištěné testovací motivy pro tvrdé pájení

Jednou z možných metod používaných k tvrdému pájení je plamen, avšak tento způsob přenosu tepla není dostatečně vhodný, jelikož není dostatečně opakovatelný [4]. Navíc u plamene lze regulovat teplotu jen s určitou přesností, proto je třeba přijít s náhradním způsobem pájení. Nejvhodnější by bylo použít mikropájkový nástroj, který přenáší teplo vedením, jako je tomu u měkkého pájení trubičkovou pájkou. Bohužel není k dispozici pájecí nástroj schopný dosáhnout teplot alespoň  $800^\circ\text{C}$ . Klasické pájecí stanice dosahují teplot kolem  $500^\circ\text{C}$ . Proto byl navrhnut nástroj nový. Ukázka prvotního návrhu nástroje viz Obr. 2.



**Obrázek 2:** Schématické uspořádání nástroje na tvrdé pájení

Jako nosný materiál se ze zvažovaných vybrala měď. Kvůli své dobré tepelné vodivosti a vysoké teplotě tavení. Důvodem je také možnost obrábění. Výsledný tvar pak bude připomínat nástroj pro ruční měkké pájení. Zdroj tepla bude představovat topné těleso v podobě odporového drátu z kanthalu, který snáší teploty až okolo 1500 °C. Kanthal se natvaruje do vhodného tvaru s důrazem na jeho elektrický odpor a délku. Následně se vloží do vyvrtaného otvoru v nosném materiálu. Aby došlo k lepšímu rozvodu tepla a zároveň měl odporový drát vyšší odpor, namotá se před vložením do mědi do tvaru spirály. Umístění spirály co nejbližší k hrotu povede k lepšímu rozvodu tepla přímo do hrotu. Pro odizolování drátu od mědi je nejvhodnější použít keramický cement OMEGA-BOND™ 400, také z důvodu jeho dobré tepelné vodivosti a teplotou použití až 1427 °C. Cement ve formě prášku se po smíchání s vodou nalije okolo kanthalového drátu a nechá vysušit. [5]

Při zahřátí na vyšší teplotu dojde ke zvýšení oxidace na povrchu mědi, proto se na ochranu před korozí vybral chrom-nikl a nikl. Obě látky zvládají vyšší teploty a v průmyslovém odvětví se často používají jako ochrana před oxidací a opotřebováním.

Výsledné spoje se pak otestují pomocí dvou zátěžových destruktivních testů. Při prvním dojde k připojení zdroje napětí na rezistorové struktury, čímž dojde k zahřívání substrátů vlivem průchodu elektrického proudu. Až dosáhne maximální únosné teploty, dojde ke zničení testovacího vzorku, kdy bude měřen elektrický odpor během celého testu. Druhý test bude měření síly v tahu, kdy bude testovací substrát nehybně upevněn na jedné straně a připájený vývod na druhé straně v kleštině zařízení pro měření síly v tahu. Postupným oddalováním vývodu od testovacího substrátu se zjistí maximální síla spoje.

### 3 ZÁVĚR

Při aplikaci tvrdých pájek na tlustovrstvou technologii se lze setkat s několika problémy. Kombinace tvrdého pájení bez přístupu ochranné inertního plynu a tlusté vrstvy vypalované kolem 850 °C je v dnešní době málo prozkoumaná, jednotlivé metody pájení nejsou lehce optimalizovatelné nebo jsou finančně náročnější (např. pájení v dusíkové atmosféře).

Největší komplikace nastává s odsmačením vodivé vrstvy a s oxidací materiálů. Tyto potíže se řeší použitím vhodných materiálů, jako je paladium. V práci je nastínění optimalizace procesu pro tvrdé pájení. Vybrané materiály byly zvoleny s ohledem na co největší kvalitu a mechanickou pevnost výsledného spoje v návaznosti na předešlé práce [4] a současně jsou schopny zvládat minimální teploty pro tvrdé pájení.

### REFERENCE

- [1] SZENDIUCH, I. Základy technologie mikroelektronických obvodů a systémů, Brno: VUTUM, 2006. ISBN 80-214-3292-6.
- [2] G.S.A. Shawki, A.A.S. El-Sabbagh. Shear strength of brazed and solder joints, Weld. Res. Suppl. Aug. 1975. 276s–279s
- [3] STRAUSS, R., & STRAUSS, R. SMT soldering handbook. Oxford, Newnes. 1998. Pages 371. ISBN: 0750635894
- [4] NERADIL, P. Montáž vývodů pomocí tvrdých pájek na keramickém substrátu. Bakalářská práce. Brno: FEKT VUT v Brně, 2014
- [5] Kanthal - Mechanické a fyzikální vlastnosti drátu [Online] KNTL a.s., 2014 – [cit. 13. prosinec 2017]. Dostupné na [www.kntl.cz/getFile/case:show/id:17737](http://www.kntl.cz/getFile/case:show/id:17737).